

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ZrN-Ni-Co-ПОКРЫТИЙ НА ЛЕЗВИЯХ СТАЛЬНЫХ НОЖЕЙ ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

В.В. Чаевский¹⁾, А.А. Гришкевич¹⁾, В.В. Жилинский¹⁾, А.К. Кулешов²⁾

¹⁾Белорусский государственный технологический университет,
ул. Свердлова, 13а, Минск, 220006, Беларусь

doctortv_v_ch@mail.ru, dosy@belstu.by, zhilinski@yandex.ru

²⁾Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, Минск, Беларусь, kuleshak@bsu.by

Подобраны режимы формирования электрохимических Ni-Co-, ионно-плазменных ZrN- и комбинированных ZrN-Ni-Co-покрытий на лезвиях стальных (марки Р6М5) ножей дереворежущего фрезерного инструмента. Сформированные гальванические Ni-Co-слои не перемешиваются со стальной основой и ZrN-покрытием. Значение микротвердости ZrN-Ni-Co-покрытий в 1.2–1.5 раза превышает величину микротвердости Ni-Co-покрытия на стальной подложке и стали без покрытия. Основным видом износа стального лезвия ножа с Ni-Co- и ZrN-Ni-Co-покрытиями при резании ламинированных древесностружечных плит является абразивный износ. Объемный износ лезвия ножа с ZrN-Ni-Co-покрытием при резании ламинированных ДСТП в лабораторных условиях имел более чем в 3 раза меньше значение, чем для лезвия с Ni-Co-покрытием. Проведенные опытно-промышленные испытания на ОАО «Минскдрев» модифицированных фрез с комбинированными ZrN-Ni-Co-покрытиями на лезвиях ножей показали увеличение периода стойкости фрез при резании сосны (штапик) до 30% по сравнению с инструментом без покрытий.

Введение

В настоящее время для модификации инструмента активно создаются методом конденсации металлов из плазменной фазы с ионной бомбардировкой поверхности (КИБ) и исследуются ионно-плазменные покрытия на базе нитридов тугоплавких металлов (Ti, Mo, Zr и др.), которые позволяют существенно увеличить физико-механические свойства различных материалов и, соответственно, улучшить эксплуатационные свойства изделий, применяемых в различных отраслях промышленности, в т. ч. в станкостроении [1]. В используемом в Республике Беларусь дереворежущем инструменте применяются в основном импортные ножи. Стойкость режущего инструмента определяется, в первую очередь, физико-механическими свойствами материала инструмента, т. к. установлено, что в контактной области при процессах резания древесины возникают интенсивные деформационные нагрузки и высокие температуры (800–1200 К), которые стимулируют высокую скорость диффузионных и окислительных процессов, приводящих к быстрому разрушению поверхностного слоя инструмента.

Другим направлением модификации поверхности деревообрабатывающих материалов является электрохимическое осаждение износостойких сплавов из сульфатных электролитов на поверхность ножей из высоколегированной стали [2]. Полученные Fe-Ni-Co- и Ni-Co-покрытия имеют высокие значения микротвердости. Ni-Co-покрытие, содержащее 67% Co и 33% Ni, достигает максимальной величины микротвердости 550,7 HV. Установлено, что наличие покрытия сплавом Fe-Ni на лезвии стального ножа дереворежущего инструмента способствует уменьшению интенсивности его износа до 50% по сравнению с лезвием без покрытия [2].

Формирование комбинированных покрытий на лезвии ножа дереворежущего инструмента способствует уменьшению интенсивности его износа, причем создание промежуточного слоя между твердым ионно-плазменным покрытием и основой увеличивает эффект уменьшения интенсивности износа лезвия. В качестве переходного

слоя среди наиболее подходящих являются гальванические покрытия сплавами никеля [3].

В связи с этим целью работы являлось получение электрохимических покрытий сплавом Ni-Co и комбинированных гальвано-ионно-плазменных ZrN-Ni-Co-покрытий на поверхности двухлезвийных стальных (Р6М5) ножей хвостовых фрез, исследование износа обработанных лезвий ножей при резании ламинированных древесностружечных плит (ДСТП) с учетом фазового, элементного состава и микротвердости сформированных слоев, а также определение периода стойкости модифицированного фрезерного инструмента.

Методика эксперимента

Гальванические покрытия сплавом Ni-Co наносили на подготовленную поверхность лезвий ножей при токах 0,4–0,8 А из сернокислого электролита при температуре 40–50°C. Толщина покрытий не превышала 10 мкм. Перед осаждением гальванических покрытий проводилась подготовка поверхности образцов двумя способами, которая включала химическое обезжиривание при температуре 60–80°C в течение 6–8 мин, травление (в растворе H₂SO₄ (50–100 г/л) при температуре 18–25°C в течение 1 мин и промывку с активацией и сушкой [2].

ZrN-покрытия осаждались на ножи с Ni-Co-покрытием на установке ВУ-1Б «Буллат» в два этапа: с предварительной обработкой ионами циркония в вакууме 10⁻³ Па при потенциале подложки -1 кВ и последующим нанесением покрытий при токе горения дуги Zr-катода 100 А и опорном напряжении -100 В в атмосфере азота при давлении 10⁻¹ Па. Температура при осаждении соответствовала 400–450°C. Толщина ZrN-покрытий не превышала 1.5 мкм.

Фазовый состав полученных покрытий исследовался методом рентгеноструктурного анализа (РСА) при помощи дифрактометра Ultima IV (Rigaku, Япония) в Cu-K_α излучении. Микротвердость испытыве-

мых покрытий определялась при помощи микротвердомера ПМТ-3 по методу Виккерса при нагрузке 50 г.

Для определения элементного состава сформированных слоев, видов износа обработанных лезвий ножей и их периода стойкости при резании ламинированных ДСтП были проведены с помощью методов рентгеноспектрального микроанализа (РСМА), растровой и сканирующей электронной микроскопии (РЭМ и СЭМ) на сканирующем электронном микроскопе LEO-1455 VP фрактографические исследования морфологии режущей кромки лезвия ножа после лабораторных испытаний.

Лабораторные испытания на период стойкости лезвий ножей сборной фрезы диаметром 21 мм при резании ламинированных ДСтП толщиной 25 мм проводили на обрабатывающем центре ROVER-B4.35 (Италия) на кафедре ДОСИИ при следующих режимах: число ножей на фрезе – 2; частота вращения фрезы – 15000 мин^{-1} ; припуск – 1.0 мм/проход; длина резания – 1200 м. п. Критерием потери режущей способности резца являлось появление сколов отделки плиты. Объемный износ лезвия ножа после испытаний рассчитывался по методике определения поперечных размеров кромки лезвия по всей ее длине с помощью микротвердомера ПМТ-3 с учетом первоначального неизношенного угла заточки лезвия.

Экспериментальные результаты

Из анализа представленных на рис. 1 дифрактограмм следует, что сформированные комбинированные ZrN-Ni-Co-покрытия состоят из отдельных фаз нитрида ZrN, имеющего гранцентрированную кубическую структуру, никеля и кобальта с гексагональной решеткой.

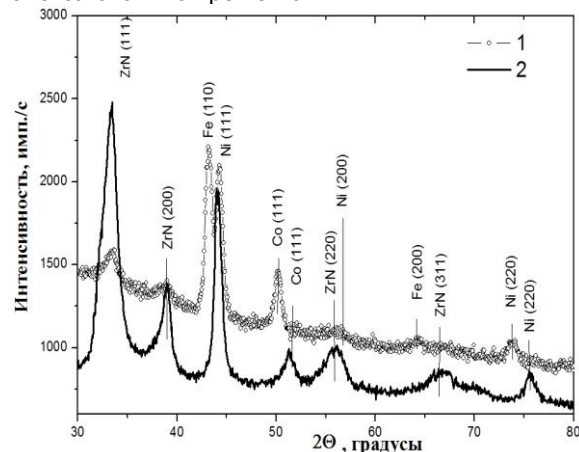


Рис. 1. Дифрактограммы Ni-Co-покрытий (1) и ZrN-Ni-Co-покрытий (2).

Среднее значение микротвердости Ni-Co-покрытия на стальной основе составило 9.6 ГПа, а ZrN-Ni-Co-покрытия – 13.0 ГПа, что практически в 1.3 раза превышает величину микротвердости Ni-Co-покрытия и в 1.5 раза величину микротвердости стальной подложки без покрытия (8.5 ГПа).

Сформированные гальванические Ni-Co-слои не перемешиваются со стальной основой и ZrN-покрытием (рис. 2).

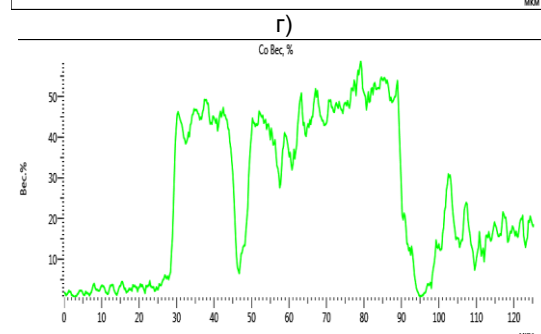
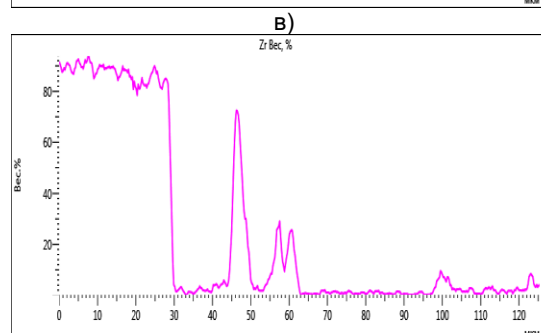
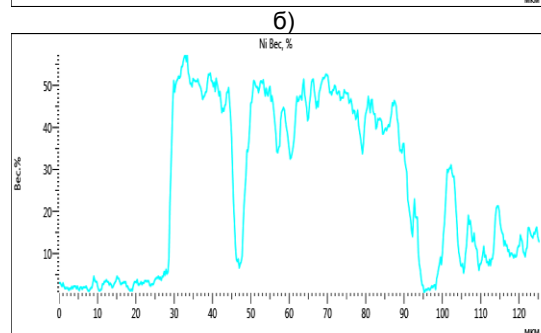
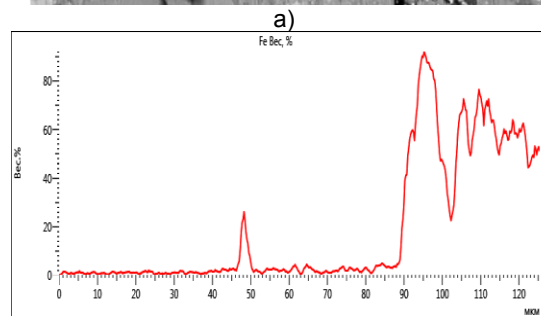
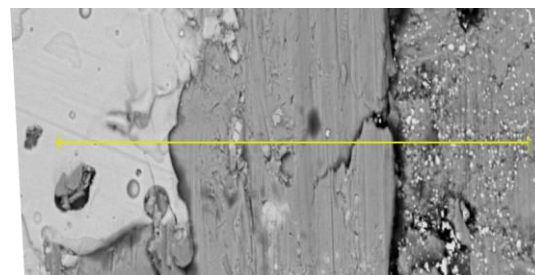


Рис. 2. СЭМ-снимок излома лезвия ножа с ZrN-Ni-Co-покрытием (а) и распределение концентраций элементов Fe (б), Ni (в), Zr (г) и Co (д) при сканировании вдоль линии (а).

Выполненные расчеты усредненного объемного износа лезвия ножей после лабораторных испытаний показали, что объемный износ

($6.75 \cdot 10^7$ мкм³) комбинированного ZrN-Ni-Co-покрытия уменьшается в 3.4 раза по сравнению с износом Ni-Co-покрытия ($2.30 \cdot 10^8$ мкм³). Оптические снимки изношенной кромки лезвия ножа с ZrN-Ni-Co- и Ni-Co-покрытиями (рис. 3) подтверждают расчеты объемного износа и показывают, что степень износа лезвия ножей с ZrN-Ni-Co-покрытием (рис. 3а) значительно меньше, чем в случае лезвия ножей с Ni-Co-покрытием (рис. 3б).

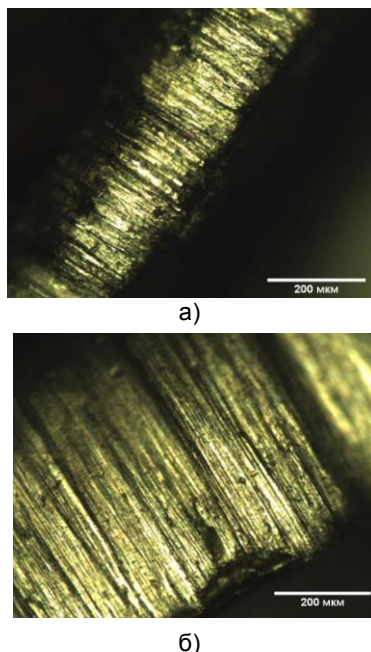


Рис. 3. Снимки изношенного лезвия ножа с ZrN-Ni-Co-покрытием (а) и с Ni-Co-покрытием (б) после резания ламинированной ДСтП.

В процессе резания ламинированной ДСтП наблюдается абразивный износ гальванических (типа Fe-Ni-, Ni-Co-покрытий) и гальвано-ионно-плазменных ZrN-Ni-Co-покрытий на лезвии ножа, хотя степень износа лезвия ножей с ZrN-покрытием значительно меньше, чем в случае лезвия ножей с Ni-Co-покрытием [1, 2]. Несмотря на то, что наличие твердых нитридных покрытий позволяет увеличить износостойкость лезвия модифицированных ножей при резании ДСтП [1], в процессе резания проис-

ходит хрупкое частичное разрушение этих покрытий в области лезвия ножа, что, вероятно, связано с ухудшением адгезии покрытия к подложке вследствие резкого увеличения температуры на границе «лезвие – ДСтП». Необходимо отметить, что наличие обладающего высокой термической и окислительной стойкостью нитрида циркония [4] в комбинированном ZrN-Ni-Co-покрытии позволяет до разрушения покрытия значительно уменьшать воздействие деформационных нагрузок на износ лезвия ножа.

Проведенные на ОАО «Минскдрев» (г. Минск) опытно-промышленные испытания обработанных фрез при резании сосны (штапик) показали, что период стойкости фрезерного инструмента с ZrN-Ni-Co-покрытиями увеличивается до 30% по сравнению с необработанным инструментом.

Закключение

Сформированные гальваническим методом и КИБ обработкой ZrN-Ni-Co-покрытия на лезвиях стальных ножей хвостовых фрез обеспечивают при резании материалов из ламинированных ДСтП и хвойных пород дерева повышение периода стойкости режущего инструмента.

Гальванические Ni-Co-слои не перемешиваются со стальной основой и ZrN-покрытием.

Величина объемного износа лезвия ножа с ZrN-Ni-Co-покрытием значительно меньше, чем в случае лезвия ножа с Ni-Co-покрытием. Основным видом износа стального лезвия ножа с Ni-Co- и ZrN-Ni-Co-покрытиями при резании ламинированных ДСтП является абразивный износ.

Список литературы

1. Кулешов А.К. [и др.] // Трение и износ. 2014. Т. 35. № 3. С. 276–286.
2. Кубрак П.Б., Жилинский В.В., Чаевский В.В. // Труды БГТУ. 2014. № 3. С. 51–53.
3. Чаевский В.В. [и др.] // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды IX Междуна. Евразийского симпозиума, Екатеринбург, 23–25 мая 2014. г. Екатеринбург. 2014. С. 202–206.
4. Гришкевич А.А. [и др.] // Современные методы и технологии создания и обработки материалов: сборник материалов VII Междуна. науч.-техн. конф. Минск, 19–21 сентября 2012г. Минск. 2012. Кн. 2. С. 297–303.

THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF ZrN-Ni-Co-COATINGS ON THE EDGES STEEL KNIVES OF WOOD-CUTTING TOOLS

V.V. Chayeuski¹⁾, A.A. Grishkevich¹⁾, V.V. Zhylinski¹⁾, A.K. Kuleshov²⁾,

¹⁾Belarusian State Technology University,

Sverdlova 13a, Minsk, 220006, Belarus,

e-mail: doctorv_v_ch@mail.ru, dosy@belstu.by, zhilinski@yandex.ru

²⁾Belarusian State University,

Nezavisimosti Ave., 4, Minsk, 220030, Belarus, kuleshak@bsu.by

Modes were selected and formed electroplated Ni-Co-coatings, ion-plasma ZrN-coatings as well as combined ZrN-Ni-Co-coating on the edges steel (type R6M5) knives of wood-cutting milling tools. Formed electroplated Ni-Co-layers are not mixed with the steel substrate and the ZrN-coating. Microhardness of combined ZrN-Ni-Co-coatings is to 1.2–1.5 times more than microhardness of steel base and bare steel. When cutting laminated chipboard by steel knives of milling tool with a Ni-Co- and ZrN-Ni-Co-coatings under laboratory conditions, abrasive surface wear type of edges knives is observed. Calculating bulk wear of edges knives with ZrN-Ni-Co-coatings showed reduction of more than 3 times value in comparison with knives with Ni-Co-coatings. Pilot testing of tool modified with combined ZrN-Ni-Co-coatings at OJSC “Minskdrrev” when cutting pine confirmed relevance of the tests carried out, as well as showed an increase in durability period of cutters to 30% compared with bare tool.